地下 300m での高温超電導 SQUID の冷却技術

Cooling technique of HTS-SQUID at 300m underground

超電導工研 [1], 三井金属資源開発 [2], 石油天然ガス・金属鉱物資源機構 [3]
○波頭経裕 [1], 塚本晃 [1], 安達成司 [1], 渡辺英久 [2], 石川秀浩 [2], 岡田力 [2], 加藤文人 [3], 国司洋介 [3],
吉松圭太 [3], 原田誠 [3], 田辺圭一 [1]
SRL-ISTEC[1], MINDECO[2], JOGMEC[3]
○ T.Hato[1], A.Tsukamoto[1], S.Adachi[1], H.Watanabe[2], H.Ishikawa[2], C Okada[2], A.Kato[3], Y.Kunishi[3],
K.Yoshimatsu[3], M.Harada[3], K.Tanabe[1]
E-mail: hato@istec.or.jp

我々は、CO_2 を地下に圧入して石油増進回収を行う、いわゆる CO_2-EOR(Enhanced Oil Recovery)における CO_2 の地中モニタリング用の高温超電導 SQUID システムを開発中である。坑井内に設置されたコイルから発信された磁気信号を、他の坑井内に設置した磁気センサで受信し、坑井間の地下の情報を解析する、電磁検層という手法に、高温超電導 SQUID を応用するものである。すでに地下 300m にシステムを挿入して SQUID での計測を始めている。低周波でも感度の高い SQUID の特徴を活かして、鋼管内でも受信解析できる優位性が期待できる。

一方、SQUID を活用するための開発課題として、水深 3000m に耐える誘導電流を抑制した耐圧容器、密閉容器内での冷却、長距離からの SQUID の制御とデータ取得など多様である。本講演では、冷却技術について報告する。

坑井内地下 3000m では、周囲の温度が 200℃に達する場合がある。冷凍機は温度差を作り出すもので、また、磁気的ノイズを発生する恐れがあり、本開発では液体窒素による冷却を試みた。直径 100mm、長さ 1800mm の円筒容器内に、外径 55mm、長さ 730mm のガラスデュワが内蔵されている。最大 450cc の液体窒素を保持することができ、常温静置では、SQUID プローブを挿入した状態で、およそ 40 時間の冷却が可能である。液体窒素は気化した場合にその体積が約 650 倍になり、圧力が 40kPa 上昇すると液体窒素温度が 80K を超えて SQUID の安定動作が困難となる。そのため、内圧を制御するためにチューブで地上に窒素を放出する手法を試みた。チューブで減圧する場合、高度差による圧力上昇と窒素ガスの流体抵抗による圧力上昇を考慮する必要がある。幌延深地層研究センターの 350m 縦坑での実験から、強制排気を行わない場合でも内径 4mm のナイロンチューブ１本で最大 1K の上昇以内に収まることを確認した。また、海洋研究開発機構（JAMSTEC）での耐圧試験から、内径 3.2mm、外径 6.35mm のナイロンチューブが 20MPa の外圧に耐えることを確認し、SQUID を水深 300m に投入する実験に使用した。

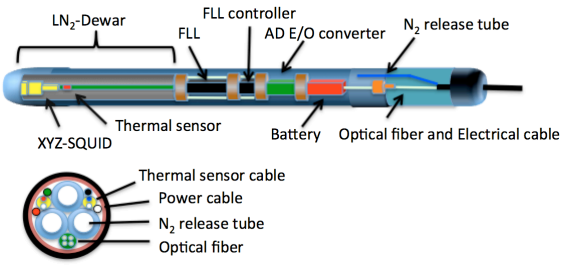

Fig１. SQUID system for underground use

謝辞　本研究は、平成 26 年度技術ソリューション事業「高感度磁気センサ（SQUID）を用いた広域電磁検層システムの開発プロジェクト」として、石油天然ガス・金属鉱物資源機構(JOGMEC)の委託により実施したものである。

[1]波頭 他, 第７５回　応用物理学会　秋季学術講演会　2014　秋 19a-A22-9 (2014)

© 2016年 応用物理学会